Schiefergesteine Süd-Georgiens.

Ein

Beitrag zur chemischen Kenntnis der Thonschiefer.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hochlöblichen philosophischen Fakultät

der

Universität Erlangen

vorgelegt von

Georg Erlwein

gepr. Cand. rer. nat. aus Bamberg.

Berlin 1887.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstrasse 158.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546422_0193

Den nächsten Anlass zu dieser Arbeit gab das Vorhandensein einer grösseren Anzahl von Thonschiefern aus Südgeorgien im geologischen Institut der Universität Erlangen, die dem Vorstande desselben Hrn. Professor Dr. Pfaff auf den Antrag des Hrn. Dr. Will, eines Mitglieds der deutschen Expedition nach Südgeorgien, von der deutschen Polarkommission zum Zwecke wissenschaftlicher Untersuchung zur Verfügung gestellt wurden. Durch die Güte der HH. Professoren Dr. A. Hilger und Dr. Frdr. Pfaff bekam ich 4 Schiefervarietäten zur Untersuchung, die aus der Serie der vorhandenen Exemplare ausgesucht, die charakteristischsten Typen repräsentieren. Die Untersuchung selbst wurde nach 2 Richtungen hin ausgeführt. Zunächst erfolgte eine mikroskopische Untersuchung der geeignet präparierten Dünnschliffe senkrecht und parallel zur Schieferung zum Studium der Strukturverhältnisse und zur näheren Erforschung allenfalls vorhandener, makroskopisch nicht sichtbarer fossiler Überreste, die sichere Anhaltspunkte bei der Bestimmung des Alters an die Hand zu geben vermöchten, und hierauf kamen die Bauschanalysen, sowie die Partialanalysen der in Essigsäure und Salzsäure löslichen Teile der Thonschiefersubstanzen zur Ausführung. Es war im Laufe der Arbeit das Bestreben dahin gerichtet, neben der Feststellung der individuellen Verhältnisse an der Hand der analytischen Resultate eine Paralleli-

sierung dieser Schiefer mit Thonschiefervarietäten anderer Territorien zu versuchen. Bei der Angabe der geognostischen und petrographischen Thatsachen konnte ich mich naturgemäss nur an die Notizen halten, die Hr. Dr. Will in den Gesteinsetiketten und in seinem geologischen Skizzenheft niederlegte und welche teilweise dem Wortlaut nach zur Verwendung kamen. Die praktischen Teile der Arbeit kamen im Laboratorium für angewandte Chemie unter der Leitung des Hrn. Professors Dr. A. Hilger und teilweise in dem von Hrn. Professor Dr. Frdr. Pfaff geleiteten geologischen Institut zur Ausführung.

Da von der Polarexpedition infolge der grossen Schwierigkeiten, welche das Terrain bot, nicht das ganze Gebiet der Insel Südgeorgien zum Gegenstand der näheren Forschung gemacht werden konnte, sondern nur ein beschränktes Territorium um das angelegte Stationsgebäude, so ist darauf hinzuweisen, dass die gemachten Beobachtungen und geognostischen Aufnahmen einen lokalen Charakter tragen und nur für das Nordufer der Royal-Bai und dem Little-Hafen allgemeinere Giltigkeit haben.

Geologische Verhältnisse.

Ein Bild der orodognostischen, geognostischen und petrographischen Verhältnisse des in den Bereich der Untersuchungen gezogenen Territoriums von Südgeorgien kann an dieser Stelle nur in allgemeinen Umrissen gegeben werden, da mir die detailierten Angaben, wie sie zu einer nach jeder Richtung hin erschöpfenden Beleuchtung nötig gewesen wären, nicht in dem gewünschten Umfang zur Verfügung standen.

Die in ihrer Umgebung erforschte 6—8 km breite und 10—12 km lange gegen das Meer offene Royal-Bay,

an der das Stationsgebäude lag, wird von einer Reihe von Thonschieferbergen umsäumt, die eine Höhe von 400—740′ erreichen, an die sich im Hinterland bis 2000 m emporragende Berge anschliessen. (Dr. v. Dankelmanns „Vorläufiger Bericht über die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen der deutschen Polarstation“.) Die meist schneebedeckten Berge reihen sich zu Gebirgszügen aneinander, die stark zerklüftete Grate, schroffabfallende Felswände, ausgedehntes Hochplateau, und zahlreiche Gletscher aufweisen und Anlass geben zu grossen Thalbildungen, Ablagerungsstätten der durch Schneeschmelzwässer aus den Bergen herabgeführten Geröllmassen. Eine Betrachtung der zur Benutzung vorgelegenen geognostischen Karten und der von Dr. Will in seinem Skizzenheft ausgeführten Detailprofile des untersuchten Terrains der Insel lässt eine ungemein reiche Mannigfaltigkeit der Schichtenlagerung erkennen mit starken Neigungswinkeln, vielfachen Faltungen von horizontalem und vertikalem Verlauf, Verwerfungen, Umbiegungen und Aufrichtungen, also fast alle Arten von Schichtenstörungen, die einen Beweis dafür liefern, dass die abgesetzten Thonschiefer an allen Bewegungen, Hebungen und Senkungen der Erdrinde teilgenommen haben, die im azoischen und paläozoischen Zeitalter, wie das Studium desselben zur Evidenz lehrt, von grosser Häufigkeit und Intensität gewesen sein müssen. Die Schichten der Schiefer an sich, von wechselnder Mächtigkeit, sind in sehr vielen Fällen in vertikaler und horizontaler Richtung von Quarzadern in wechselnder Breite und Dicke durchzogen, die zuweilen eine hakenförmige stark gewellte Gestalt annehmen und zeigen in ihrem Verlaufe vielfach grössere oder kleinere Risse und Aushöhlungen sowie Unterbrechungen durch stockartig eingeschobenes Quarzitgestein. In Bezug auf die petrographische Charakteristik des erforschten Territoriums muss an dieser Stelle hervorgehoben werden,

dass es in seiner ganzen Ausdehnung fast ausschliesslich von Thonschiefermassen gebildet wird und nur vereinzelt Quarz und Quarzitgestein auftritt. Obwohl die Thonschiefer wegen der schweren Zersetzbarkeit der componierenden Bestandteile für die Angriffe der Atmosphärilien und Sickerwässer wenig disponiert sind, so treten doch in Südgeorgien durch die Zusammenwirkung energisch zersetzender Faktoren an den meisten beobachteten Klüften und Spalten die Spuren der Verwitterung in Form brauner Überzüge oder merkbarer Auflockerung des Schichtengefüges und die Folgen derselben in den Absätzen von thonigem Schlamm in den Niederungen deutlich zu Tage. Dieser zuletzt erwähnte feingeschlämmte Thon, welcher Anlass zur Bildung von thonigen Sümpfen und wasserundurchlässigen Lehmschichten giebt, verdankt seine Entstehung der mechanischen Wirkung des Wassers, das bei stärkeren Regengüssen sowie rasch eintretendem Thauwetter von den steilen Hängen des Gebirges aus der Verwitterung hervorgegangenes feines Thonmaterial in die Niederungen herabführt. Wie bei unsern Schiefergebirgen, so sind auch dort, wie aus dem Tagebuch des Hrn. Dr. Will zu entnehmen, die Berge mit grossen Schuttmassen bedeckt und zeigen zuweilen grosse Schutthalden.

Nach Besprechung der geologischen Verhältnisse im allgemeinen tritt nun noch weiter die Aufgabe heran, den lokalen architektonischen Charakter der Schichten etwas detailierter zu beleuchten, denen die zur Untersuchung herangezogenen Schieferhandstücke entnommen sind, wobei zur Erklärung vorausgeschickt werden muss, dass die Schiefer der Reihe nach mit I II III IV bezeichnet sind und in Folgendem unter diesen Nummern Beschreibung finden werden.

Fundorte der 4 untersuchten Schiefervarietäten und Architektonik der zugehörigen Schichten an denselben.

Schiefer I ist einer Felswand in halber Höhe des Brockenberges an seiner Westseite entnommen und bildet mit gut geschichteten schiefrigen Gesteinen hohe terrassenförmige Abstürze, deren Schichten von verwittertem, porösem Gestein oder schwarzen Schiefern durchzogen sind. Sehr häufig sind die Felswände durchsetzt von wellig gefaltetem Gestein in der Art, dass links und rechts von den zuweilen 10 m breiten Faltungen die anstossenden Massen in ihrer regelmässigen Schichtung nicht alteriert werden.

Schiefer II ist am Westufer der Royal-Bay am Pirner Berg gesammelt. Seine Schichten lagern abwechselnd von der Bergstrasse bis zum Grat des Berges mit einem stockartig eingeschobenen quarzitreichen, weisslichen, stark verwitterten, höhlenartige Auswaschungen und Vertiefungen enthaltenden Gestein von fast senkrechtem Faltenverlauf und mit einem krystallinischen eisenhaltigen Quarz. Am steilen Nord- und Südabhang des mit Gesteinstrümmern bedeckten Pirnerbergs gehen die Schichten von einzelnen Stellen in verschiedener Höhe in steilen Abstürzen aus. Die Schichten charakterisieren sich in architektonischer Beziehung durch starke Faltungen und kleinen Fallwinkel.

Schiefer III ist ein Stück, welches der nördlichen Steilküste der kleinen Insel östlich der Landzunge entnommen ist, deren Schichten steil unter einem Winkel von ca. 60^0 aufgerichtet sind und eine Mächtigkeit von durchschnittlich 3 m erreichen.

Schiefer IV ist ein Handstück aus einer Felswand von einem Hochthal in der Verlängerung des oberen Whalerthales, oberhalb des Schneehanges, jenseits der

Wasserscheide. Das schwarze schiefrige von vielen gefalteten Quarzadern durchzogene Gestein durchbricht in einer Breite von 20 m mit seitlicher Verzweigung und unter einem Neigungswinkel von 25° nach Süden ein massiges, von vielen im allgemeinen vertikal verlaufenden, wellig gebogenen, mit Quarz ausgefüllten Rissen durchzogenes Gestein, das viele porös verwitterte Einschlüsse von 5—8 cm Durchmesser enthält.

Makroskopische und mikroskopische Befunde der Thonschiefervarietäten I II III u. IV.

I. Das der Untersuchung unterzogene Handstück ist ein Thonschiefer von grünlich grauer Farbe, der nach Art der rein krystallinischen Phyllite einen dicht krystallinischen Habitus hat.

Wie eine deutlich ausgeprägte Schieferung nicht gerade zu den wesentlichsten Merkmalen der gemeinen Thonschiefer gehört, so ist auch hier kein hoher Grad von Schieferung vorhanden, der eine Spaltung in grössere oder kleinere feine Platten begünstigte. Beim Anfühlen mit der Hand lässt sich aus den rauhen Bruchflächen der Schluss auf die Anwesenheit des Quarzes als allothigener Bestandteil schliessen. Von den die Thonschiefer gewöhnlich zusammensetzenden Bestandteilen ist makroskopisch neben Quarz nur noch Glimmer erkennbar in Form von kleinen, zerstreut liegenden, bei auffallendem Licht silberweiss glänzenden Blättchen. Die beiden äusseren Schieferungsflächen haben einen Überzug von einer 3—4 mm dicken durch Eisenoxydhydrat rotbraun gefärbten Verwitterungsschicht, die sich in fein nüancierten Farbenübergängen weit gegen das Innere des Gesteins verfolgen lässt.

Das Bild, das die mikroskopischen Dünnschliffe von I darbieten, darf als typisch für Thonschiefer mit

vorwiegend krystallinischem Charakter bezeichnet werden. Vor allen Dingen ist es der bei polarisiertem Licht in äusserst lebhaften Farben spielende Quarz, der sich als Hauptgemengteil zu erkennen giebt und vorwiegend als authigener Quarz kleine winzige zum Teil zu Nestern verwachsene, unregelmässig begrenzte Körnchen darstellt, während Quarz allothigenen Ursprungs nur in untergeordneter Weise auftritt. Die in authigenen Quarzaggregaten sehr häufig beobachteten Flüssigkeitseinschlüsse in der Mitte der Körnchen konnten, auch bei potenziertester Vergrösserung, nicht constatiert werden. Weniger deutlich als der Quarz erscheint unter polarisiertem Licht das glimmerartige Element, das in Thonschiefern im allgemeinen einen integrierenden Gemengteil bildet. Es erscheint das glimmerähnliche Mineral im Dünnschliff parallel zur Schieferung zwischen den Quarzpartikelchen in Gestalt kleiner, schwachlichtbrechender Schüppchen, die eine Entscheidung der Frage, ob hier ein Muscowit oder Biotit vorliegt, nicht sicher ausführen lassen und tritt etwas deutlicher im Dünnschliff senkrecht zur Schieferung zum Vorschein, wenn die beiden Nicols in gekreuzter Stellung stehen. Nach Besprechung des letzten Bestandteils dürfte die Erwähnung einer neuen Annahme Kalkonskys ein Interesse beanspruchen, nach welcher, auf Grund vorkommender Adern und Trümmer von sogenanntem Gümbelit, einem alkaliarmen wasserhaltigen Thonerdesilicat, in hoch krystallinischen Schiefern, in diesen Gesteinen das glimmerartige Mineral eher ein Gümbelit als ein Muscowit sei. Vorhandene Massen, die dem polarisierten Licht keinerlei Veränderungen erteilen, drängen zur Annahme, dass hier an Stelle des Quarzes teilweise wasserhaltige Kieselsäure als Cement bildendes Element getreten sei. Zerstreut im Gesichtsfeld treten grössere und kleinere scharf kontourierte Flecke

und Streifen von Eisenoxyd auf, wahrscheinlich als Zersetzungsprodukte der Substanz.

Die organische Substanz, die sonst in Schiefern in kohliger Natur sehr häufig ist, tritt fast ganz in den Hintergrund und dürfte nur das färbende Prinzip teilweise darstellen. Die Dünnschliffe parallel und senkrecht zur Schieferung entbehren der in sehr vielen Thonschiefern enthaltenen, zerhackten Haaren ähnlichen, winzigen Microlithen, der sogenannten Thonschiefernädelchen, die Zirkel entdeckt, Kalkowsky isoliert hat und Cathrein und Sauer analytisch als Rutil nachgewiesen haben.

II. Makroskopisch betrachtet charakterisiert sich der Schiefer II als eine weisslich graue Masse mit nicht gut erkennbarer Schieferung, von grosser Härte und äusserst feinem Korn und unterscheidet sich von I neben der grösseren Härte noch dadurch, dass einzelne componierende Bestandteile mit blossem Auge nur sehr schwer erkannt werden können. Der Dünnschliff lässt das unbewaffnete Auge bei durchfallendem Licht in seiner ganzen Ausdehnung eine Reihe von schwach gewellten Streifen deutlich erkennen.

Das mikroskopische Bild dieses Schiefers ist im grossen und ganzen nur wenig von dem des Schiefers I verschieden. Die Hauptmasse desselben löst sich in ein Aggregat von vorwaltend kleineren und grösseren Quarzkörnchen und von farblosen bis grünlich glänzenden Glimmerlamellen auf, denen vorzugsweise auf dem Schliff senkrecht zur Schieferung, die in No. I besprochenen kleinen Schiefernädelchen in geringer Anzahl eingelagert sind. Die grösseren Quarzkörner tragen in der unregelmässigen Randumgränzung die Merkmale ächt klastischer Bestandteile an sich, während die andere Masse mehr deutlich krystallinischen Charakter hat. Im polarisierten Licht ist im Schliff eine amorphe Masse zu erkennen, die als das Cement des Schiefers betrachtet werden

muss. Die gefärbten Flecke in den welligen Streifen, denen wir auch später noch bei II begegnen werden, charakterisieren sich als mehr oder minder zahlreich angehäufte Glimmerlamellen und feine, schlecht durchsichtige Quarzkörnchen, die wahrscheinlich in ihrem Farbenton durch geringe Mengen von Eisenoxydhydrat beeinflusst werden, weil gewisse Partieen der Flecke bei jeder Drehung des Nicols dunkel bleiben, während die Quarz- und Glimmerelemente die ihnen spezifischen Farbenwandlungen, wenn auch in schwacher so doch deutlich erkennbarer Intensität durchmachen. Als Feldspatgemengteile konnten nach ihrem optischen Verhalten nur einige zerstreut im Gesichtsfeld liegende Krystallchen erkannt werden. Der mikroskopische Dünnschliff gewährte keinen Anhalt zur Konstatierung organischer Substanz in irgend einer Aggregatform.

III. Im Gegensatz zu I und II und teilweise auch zu IV zeigt Schiefer III bei tiefschwarzer Färbung als einschneidende Charakteristik eine prägnante schwach gewellte Schieferung, in deren parallelen Richtung er mit Leichtigkeit unter Erzeugung glänzender Blättchen spaltet. Auf dem Querbruch kontourieren deutlich die die Schieferung begleitenden Wellungen. Beim Befühlen mit der Hand und beim Zerkleinern in der Reibschale erinnert er an Graphit. Die beiden äusseren Schieferungsflächen des Handstücks hatten hellgelbe Überzüge, die es auf den ersten Anblick, infolge der seltenen Gelbfärbung, unentschieden liessen, ob wir es hier mit Eisenoxydhydrat oder mit den Überresten fossiler Algen zu thun haben. Eine mikroskopische Untersuchung der sorgfältig isolierten Schichtenüberzüge verschaffte in diesem Punkte Aufschluss und liess strukturloses Eisenoxydhydrat als konstituierenden Bestandteil und färbende Ursache erkennen.

Die bei der Weichheit der Schiefermasse nur äusserst

schwierig zu präparierenden Dünnschliffe setzten infolge mangelhafter Pellucidität der mikroskopischen Analyse verschiedene Schwierigkeiten in den Weg, so dass nur die dünneren Teile der keilförmig zugehenden Schliffe in den Bereich der Untersuchung gezogen werden konnten.

Die beiden Dünnschliffe, die eine Anordnung der Grundsubstanz in viele Streifen deutlich erkennen lassen, zeigen unter der analysierenden Wirkung des polarisierten Lichts zwischen dem teilweise gefärbten Gemenge von äusserst feinkörnigem Quarz und schuppig krystallinischem grünlichen Glimmermineral eine einfach lichtbrechende Substanz, die das Ganze gleichmässig zu durchdringen scheint und als Cement bildende Kieselsäure zu deuten ist. In den vielfach vorhandenen, sofort in die Augen fallenden, stark gezackten oder nadelförmigen schwärzlichen Partikeln sind unschwer kohlige oder graphitähnliche Bestandteile zu erkennen, die als Ursache der Schwarzfärbung zu bezeichnen sind. Ein Vorhandensein der Rutilkryställchen in den untersuchten Partieen der Schliffe konnte nicht konstatiert werden.

IV. Vorliegender schwärzlicher Schiefer nähert sich in seinem Farbenton No. III, zeigt aber als wesentlichen Unterschied eine weniger deutlich ausgeprägte Schieferung, die aber gegenüber I und II immerhin noch als charakteristisch hervorgehoben werden muss. Seine Härte ist grösser als diejenige von III, kommt aber der von I und II bei weitem nicht gleich. Das makroskopische Bild bietet auch noch insofern abweichende Verhältnisse von den besprochenen Schiefern, als die dunkle Schiefermasse von einer Reihe an Breite und Ausdehnung verschiedener weisser Adern durchsetzt ist, welche in den meisten Fällen keine Regelmässigkeit im Verlaufe, zuweilen jedoch einen ausgesprochenen Parallelismus zeigen.

Im Dünnschliff unter dem Mikroskop erweist sich

als konstituierende Masse bei Anwendung polarisierten Lichts ein Gemenge eines grünlich gelben, aus zarten Blättchen bestehenden glimmer- oder kalkähnlichen Minerals, von nicht überall deutlicher Begrenzung, mit äusserst feinkörnigem Quarz. Einzelne Stellen sind reicher an Glimmer, an anderen herrschen die Quarzkörner vor, die mitunter in grösseren Stücken im Schliff zerstreut liegen. Vereinigt erscheint das Gemenge durch ein einfach lichtbrechendes Bindemittel, das an mehreren Stellen sich deutlich abhebt. Die bei den andern Varietäten erwähnten Thonschieferkrystalliten scheinen hier ganz zu fehlen, doch liegen in Dünnschliffen in einzelnen Individuen kleine, stark glänzende, grünlich braune prismatische Kryställchen, die im polarisierten Licht reagieren, aber weder Dichroismus noch lamellare Streifung zeigen und ihre mineralogische Deutung schwierig machen. Kleine Aggregate in der Nähe der scharfen Schneide des keilförmig zugehenden Schnitts, die im polarisierten Licht fast nicht mehr reagieren und bei der Nicoldrehung nur ein Lichter- und Hellerwerden zu Tage treten lassen, scheinen nichts anderes zu sein als Quarzkryställchen, die wegen allzugrosser Dünne ihre optische Fähigkeit der chromatischen Polarisation verloren haben. Schwärzliche ganz impellucide Krystalle mit unregelmässiger Beränderung, die hie und da in der Grundmasse auftreten, gaben sich ganz deutlich als Pyritkryställchen zu erkennen. Das Gesichtsfeld der Schliffe ist von sanft gewellten Streifen durchzogen, die sich durch dunkleren Ton von der Grundsubstanz abheben und sich bei starker Vergrösserung unter dem Mikroskop auflösen als Anhäufungen von Glimmerelementen und feinen Quarzkryställchen, die von Eisenoxydhydrat teilweise gefärbt erscheinen. Was die schon mit blossem Auge wahrnehmbaren, das Gestein durchziehenden Adern anlangt, so ergab die mikroskopische Analyse mit Sicherheit,

dass hier Quarzadern vorliegen mit grob- und feinkörnigem, lebhaft polarisierendem Quarz, der mitunter eine schwache Streifung erkennen lässt.

Nachdem die mikroskopischen Dünnschliffe der einzelnen Schiefertypen in Vorhergehendem eine eingehende Untersuchung und Beschreibung erfahren haben, sollen die wichtigen Einzelheiten und Verhältnisse, die im Verlaufe der Untersuchung beobachtet wurden, nun hier nochmals kurz zusammengefasst werden, um die Frage zu beantworten, inwieweit die Zusammensetzung nach Massgabe der mikroskopischen Analyse übereinstimmende einheitliche Gesichtspunkte darbietet und um Anhaltspunkte zur Erörterung über stattgehabte Metamorphose und Genesis zu gewinnen.

Als Resultat der Zusammensetzung ist hervorzuheben, dass die vorliegenden Schiefer als wesentliche Bestandteile Quarz und Glimmerelemente, als accessorische teilweise Feldspat-, Rutil- und Pyritkryställchen enthalten, dass sie unter sich eine grosse Gleichartigkeit in den componierenden Bestandteilen zeigen und auch im Vergleich mit den schon mikroskopisch untersuchten Schiefervarietäten verschiedener azoischer und paläozoischer Formationen im grossen und ganzen keine Abweichungen darbieten. Ob und inwieweit eine Veränderung der sedimentär abgelagerten ursprünglichen Substanz stattgefunden hat, lässt sich auf Grundlage der mikroskopischen Resultate nur für einzelne componierende Silicate, wie für Eisenverbindungen teilweise feststellen. Lassen sich unter dem Gesichtspunkte der v. Lassaulx ausgesprochenen Anschauungen über Metamorphose und Genesis der Thonschiefer (Poggend. Ann. CXLIV 147), die übrigens nicht von allen Geologen rückhaltslos geteilt werden, in unserem Falle für Metamorphose und Genesis aus den erhaltenen Untersuchungsresultaten nur spärliche kritische Anhaltspunkte ableiten, so genügen doch das Zurück-

treten oder meist gänzliche Fehlen des Feldspatmaterials, eine Abstammung der untersuchten Schiefer von einem Feldspat-armen Muttergestein zu beweisen.

Dass in den Schiefern echte sedimentäre Thonschiefer vorliegen, erhellt aus der deutlichen Schichtung und Schieferung, aus dem, wenn auch nur geringen Gehalt an organischer Substanz und den in den Dünnschliffen zum Vorschein kommenden Wellungen, die bei ihren unbedeutenden Dimensionen wohl der Ausdruck der im Urmeer stattgehabten Wellenbewegung sein dürften und nicht die Folgen eines seitlichen Drucks zu sein scheinen, obwohl die grösseren Wellungen und Faltungen im Schichtenverlaufe selbstverständlich nur auf dynamische seitlich wirkende Kräfte zurückgeführt werden können. Da auf dem Excursionsgebiet Fossilien nicht gefunden wurden und die Resultate der mikroskopischen Untersuchungen keine typischen mikroskopischen Petrefacten, wie Foraminiferen, Teile von Crinoiden oder etwa die Alge Oldhamia antiqua Torb. konstatieren, so kann eine Altersbestimmung der Schiefer, die am Schluss des analytischen Teils auch noch durch Parallelisierung der erhaltenen Analysen mit den in der Litteratur vorhandenen versucht wird, auf Grundlage rein mikroskopischer Ergebnisse nur geringen Anspruch auf Richtigkeit erheben. Wenn die vorliegenden Thonschiefer in gänzlicher Ermangelung irgendwelcher pälaontologischer Anhaltspunkte bei dem Versuch ihrer Einreihung in das System der geologischen Formationen auch Zweifel auftauchen lassen, ob ihre Zugehörigkeit zur cambrischen Formation, zur Silur- oder Devonformation anzunehmen ist, so glaube ich, in Hinblick auf das Vorkommen von Albit (s. chem. Teil), Glimmer- und Chloritelementen, von körnigem Kalk als Einlagerung in den Schichten und nur geringen Quantitäten organischer Verbindungen und Substanzen, zur Annahme

hinneigen zu müssen, dass sie der obersten Etage der cambrischen Formation, der Übergangsformation von der azoischen zur paläozoischen Periode, zuzuteilen sind.

Gang der mikroskopischen Analyse und der Präparierung der Dünnschliffe.

Zum Gang der mikroskopischen Analyse ist kurz zu erwähnen, dass einer zuerst vorgenommenen Orientierung mit schwacher Vergrösserung eine eingehende Untersuchung der Dünnschliffe mit starker Vergrösserung im gewöhnlichen und polarisierten Licht folgte. Zur Herstellung der Dünnschliffe parallel und senkrecht zur Schieferungsfläche wurden die abgesprengten Schieferstückchen auf einer Eisenplatte mit Smirgel von verschiedenem Korn zunächst an einer Seite eben gemacht und hierauf, nach Aufkleben auf das Objectglas mit Canadabalsam, unter Beobachtung der von Zirkel empfohlenen Vorsichtsmassregeln bis zur geeigneten Dünne mit gröberen und feineren Smirgel unter Benützung einer Eisenplatte und Bergkrystallfläche geschliffen.

Chemische Untersuchung.

Die vier Schiefervarietätan wurden zunächst einer qualitativen Analyse unterzogen, nach deren Resultat sie folgende Bestandteile enthalten: Aluminium, Eisen, Kalk, Magnesia, Natron, Kali, Wasser, Kieselsäure, minimale Spuren von Phosphorsäure, Schwefelsäure und Mangan, neben merkbaren Mengen organischer Verbindungen. Da die Thonschiefer in vielen Fällen eingesprengte Schwefelmetalle von seltenen Metallen aufweisen, wie z. B. rheinische Kupfer, neu-schottländische Gold neben Spuren von Yttererde und Beryllerde und andere Lithion, so schien es angezeigt, Untersuchungen in dieser Richtung anzustellen. Es wurden zu diesem

Zwecke einmal 80 Gramm feinpulverisierte Gesteine und zwar Durchschnittsproben sämtlicher vorliegender Schieferproben, und später nochmals 120 Gramm Material zu diesem Zwecke in Arbeit genommen. Die Zersetzung geschah mittelst konzentrierter Schwefelsäure bei längerer Einwirkung, wodurch allmählich eine vollständige Aufschliessung erfolgte.

Die erzielten Lösungen wurden mit Schwefelwasserstoff, Ammoniumhydrosulfid behandelt und die erhaltenen Niederschläge nach bekannten Methoden geprüft. Das Filtrat von Ammoniumhydrosulfidniederschlag wurde nach Beseitigung des Ca auf Lithium geprüft.

Weder in der Schwefelwasserstofffällung, noch Schwefelammoniumfällung waren ausser den erwähnten Bestandteilen auch nur Spuren von Schwermetallen, ebensowenig gelang der Nachweis von Lithium. Der Rückstand der Schwefelsäurcaufschliessung wurde speziell auf Blei geprüft durch Behandlung mit basisch weinsaurem Ammon, jedoch ohne Erfolg.

Die quantitativen Bestimmungen der einzelnen Thonschieferbestandteile wurden in nachstehender Weise durchgeführt. Zunächst wurde die sogenannte Bauschanalyse erledigt, indem die betreffenden Gesteine in feinpulverisiertem Zustand mit kohlensaurem Natronkali aufgeschlossen wurden. Die erhaltenen Schmelzen wurden mit Salzsäure aufgenommen und zur Abscheidung der Kieselsäure zur Trockne gebracht. Nach Wiederaufnahme mit Salzsäure geschah die Abscheidung des Eisens, Aluminiums und Calciumphosphates mit Ammoniak, im Filtrat des Niederschlags die Bestimmung des Calciums und Magnesiums in bekannter Weise.

In dem Ammoniakniederschlage wurde das Eisen volumetrisch nach stattgefundener Reduktion mit Kaliumpermanganat bestimmt, ebenso hieraus auch die Phosphorsäure abgeschieden, indem der Niederschlag mit

kohlensaurem Natronkali geschmolzen wurde, um die Phosphorsäure an Natron zu binden. Die Phosphorsäurebestimmung selbst geschah nach der Molybdänmethode mit Berücksichtigung der entsprechenden Vorsichtsmassregeln nach Angabe von Paul Wagner.

Es reihten sich hieran an die Bestimmungen von Kali und Natron, welche in besonderen Quantitäten nach Aufschliessung mit Fluorwasserstoff vorgenommen wurden. Die Trennung der Magnesia von den Alkalien wurde teils durch Barytwasser, teils durch Quecksilberoxyd vollzogen.

Die Bestimmung der Gesamtmenge des vorhandenen Eisenoxyduls wurde in der Weise durchgeführt, dass 0,1—0,2 g fein pulverisierter Schiefersubstanz mit konzentrierter Schwefelsäure, die mit dem halben Volumen Wasser verdünnt war, in zugeschmolzenen Röhren aufgeschlossen wurde. Das einemal nach zweistündiger, das anderemal nach sechsstündiger Behandlung in dieser Weise wurden die Röhren geöffnet und deren Inhalt bei starker Verdünnung zur Eisenoxydulbestimmung mittelst Kaliumpermanganat benützt.

Die Bestimmung der organischen Substanz und des Wassers geschah in zweifacher Weise, einmal durch starkes Glühen der Substanz im Kohlensäurestrom im Verbrennungsrohre mit vorgelegtem Chlorcalciumrohr, das anderemal durch Glühen der Substanz im Sauerstoffstrom, ebenfalls im Verbrennungsrohr mit vorgelegtem Chlorcalciumrohr und Kaliapparat.

Neben der oben geschilderten Durchführung der Gesammtanalyse der Gesteine, war auch im vorliegenden Fall die Partialanalyse der einzelnen Thonschiefer in Erwägung gezogen worden, um mehr oder weniger durch diese Arbeiten über die Verwitterungsstadien der Gesteine Aufschluss zu erhalten.

Es war besonders die Thonschieferprobe No. I für

eine derartige Arbeit geeignet, indem dieselbe eine deutliche Verwitterungskruste an der Oberfläche wahrnehmen liess, die sich ziemlich gut von dem ursprünglichen Gestein trennen liess.

Diese Partialanalysen wurden in der Weise durchgeführt, dass die vier Thonschieferproben allmählich mit einprozentiger Essigsäure (auf 1 g Substanz 100 ccm Säure) und zwar 2 Stunden auf dem Wasserbade, dann mit 10 prozentiger Salzsäure (auf 1 g Substanz 50 ccm) ebenfalls 2 Stunden auf dem Wasserbade behandelt wurden und der hierbei restierende Rückstand mit Flusssäure zum Aufschluss kam, nachdem zuvor noch die hydratische Kieselsäure mit einer konzentrierten Lösung von Kaliumhydroxyd und Natriumcarbonat (auf 1 g Substanz 40 ccm der Lösung) behandelt worden war. In diesen einzelnen auf diese Weise erhaltenen Lösungen wurden stets die Bestimmungen von Eisen, Aluminium, Calcium, Magnesium, der Alkalien sowie der Kieselsäure nach bekannten Methoden vorgenommen.

Die durch diese analytischen Arbeiten festgestellten Thatsachen wurden nun in prozentischer Berechnung festgestellt, gleichzeitig auch in Atomgewichtsprozenten umgerechnet. Die nachfolgenden Tabellen geben die gewünschte Übersicht.

In Anbetracht der auf mikroskopischem Wege gefundenen Thatsache, dass bei allen untersuchten Schiefern Quarzkrystalle integrierender Bestandteil sind, schien es von Interesse, eine Umrechnung der Analysen auf Analyse III, die den niedrigsten Kieselsäuregehalt in den Bauschanalysen und die geringsten Mengen Quarz im Dünnschliffe zeigt, vorzunehmen zur Entscheidung der Frage, ob die Schiefer nicht nach diesen Resultaten in ihrer Gesamtheit eine merkbare Gleichartigkeit in der Zusammensetzung der komponierenden Silicate erkennen

lassen. Die diesbezüglichen Resultate sind in Tabelle III niedergelegt.

Die Tabellen I, II, III, IV enthalten von den Schiefern I II III IV der Reihe nach die Bauschanalysen, die Bauschanalysen nach Atomgewichtsprozenten, die Partialanalysen der essig-, salz- und flusssauren Lösung und die Eisenoxydulbestimmungen nach 2 und 6 stündigem Kochen.

Die Tabelle V enthält in Prozenten die Menge der hydratischen Kieselsäure, welche aus den Thonschiefern durch direkte Einwirkung der schon oben erwähnten Lösung von Kaliumhydroxyd-Natroncarbonat in Lösung gingen. Es wurden diese Versuche in der Weise erledigt, dass einmal diese alkalischen Lösungen in der Wärme 2 Stunden, das anderemal in der Kälte 24 Stunden mit dem Gestein in Berührung gebracht wurden und diese so erhaltenen alkalischen Flüssigkeiten durch Salzsäure zersetzt, zum Zwecke der Kieselsäureabscheidung zur Trockne gebracht und wiederum mit verdünnter Salzsäure aufgenommen wurden.

In Tabelle VI sind die Prozente der in Essigsäure und Salzsäure in Lösung gegangenen Basen, den bei diesem Lösungsprozess abgeschiedenen Kieselsäuremengen gegenübergestellt.

Tabelle VIII zeigt die Partialanalyse der essigsauren und salzsauren Lösungen von der Verwitterungschichte.

Tabelle I.

	Bauschanalyse	Bauschanalyse nach Atomgewichtsprozenten	Essigsäure-Lösung	Salzsäure-Lösung	Flusssäure-Lösung	Eisenoxydul nach 2stündigem Erhitzen	Eisenoxydul nach 6stündigem Erhitzen
$Si O_2$	63,69	63,84	Spuren	0,60	63,09		
$Al^2 O_3$	12,32	7,21	0,20	2,39	9,86		
Fe O	4,17	3,48				3,45	4,17
$Fe^2 O_3$	1,05	0,41	0,35	3,72	1,48		
Ca O	2,09	2,24	0,41	0,64	1,11		
Mg O	1,50	2,26	0	1,60	Spuren		
$K_2 O$	5,32	3,40	0,42	2,82	2,08		
$Na^2 O$	8,37	8,12	1,55	2,06	4,76		
$H^2 O$	2,71	9,05		2,71			
C	0,36	0		0,36			
Kohlenwasserstoffe	0	0					
	101,58	100					

Differ. aus der Best.

Tabelle II.

	Bauschanalyse	Bauschanalyse nach Atomgewichtsprozenten	Essigsäure-Lösung	Salzsäure-Lösung	Flusssäure-Lösung	Eisenoxydul nach 2stündigem Erhitzen	Eisenoxydul nach 6stündigem Erhitzen
$Si O_2$	75,56	44,14	Spuren	0,21	75,35		
$Al^2 O_3$	13,45	45,86	0,04	1,08	12,07		
Fe O	2,17	1,05				2,13	2,17
$Fe^2 O_3$	0,02	0	0,11	1,32	1,12		
Ca O	7,74	1,09	0,57	0,88	0,39		
Mg O	0,52	0,46	0	0,40	0,22		
$K_2 O$	2,57	0,96	0,68	0,38	1,41		
$Na^2 O$	2,09	1,10	0,27	1,82	0		
$H^2 O$	2,70	5,26		2,70			
C	0,65	0		0,65			
Kohlenwasserstoffe	0	0					
	101,47	100					

Differ. aus der Best.

Tabelle III.

	Bauschanalyse	Bauschanalyse nach Atomgewichtsprozenten	Essigsäure-Lösung	Salzsäure-Lösung	Flussäure-Lösung	Eisenoxydul nach 2stündigem Erhitzen	Eisenoxydul nach 6stündigem Erhitzen
SiO_2	42,55	56,59	0	0,40	52,15		
Al^2O_3	28,07	17,65	0,08	1,69	26,08		
FeO	2,05	1,84			1,21	1,95	2,05
Fe^2O_3	0,64	0,26	0,21	1,25			
CaO	1,72	1,98	0,26	0,62	0,67		
MgO	1,09	1,77	0	0,35	0,60		
K_2O	7,24	4,97	0,39	1,14	5,71	aus der Differenz bestimmt	
Na^2O	1,52	1,58	0,08	0,58	0,86		
H^2O	3,72	13,36		3,72			
C	2,08	0		2,08			
Kohlenwasserstoffe	0	0					
	100,68	100					

Tabelle IV.

	Bauschanalyse	Bauschanalyse nach Atomgewichtsprozenten	Essigsäure-Lösung	Salzsäure-Lösung	Flussäure-Lösung	Eisenoxydul nach 2stündigem Erhitzen	Eisenoxydul nach 6stündigem Erhitzen
SiO_2	56,13	60,01	0	1,21	52,22		
Al^2O_3	23,20	14,40	0,05	6,34	16,56		
FeO	3,44	3,05				2,64	3,44
Fe^2O_3	0,60	0,24	0,32	2,26	1,65		
CaO	4,07	4,64	0,28	2,62	1,01		
MgO	0,38	0,70	0	0,38	0		
K_2O	6,12	4,15	0,66	1,06	4,40	aus der Differenz bestimmt	
Na^2O	2,93	3,02	0,15	2,52	0,26		
H^2O	2,79	9,99		2,79			
C	0,81	0		0,81			
Kohlenwasserstoffe	0,21	0		0,21			
	100,98	100					

Tabelle V.

	I	II	III	IV
Bei der Behandlung der Schiefersubstanz mit ($Na^2 CO_3$ KOH) Lösung in der Kälte gingen an Kieselsäure in Lösung	1,42	1,70	1,25	1,05
Bei der Behandlung mit ($Na^2 CO_3$ KOH) Lösung in der Wärme gingen in Lösung	2,10	2,12	2,43	1,26
Bei Behandlung mit ($Na^2 CO_3$ KOH) nach vorheriger zweistündiger Einwirkung von 10% H Cl in der Wärme gingen an $Si O_2$ in $Na^2 CO_3$ und H Cl in Lösung	13,84	3,03	5,93	2,17

Tabelle VI.

I	14,65% in $C_2 H^4 O_2$ u. HCl gelöste Basen entsprechen 12,42% dabei abgeschiedener $Si O_2$
II	6,51% in $C_2 H^4 O_2$ u. HCl gelöste Basen entsprechen 1,33% dabei abgeschiedener $Si O_2$
III	6,65% in $C_2 H^4 O_2$ u. HCl gelöste Basen entsprechen 1,68% dabei abgeschiedener $Si O_2$
IV	17,04% in $C_2 H^4 O_2$ u. HCl gelöste Basen entsprechen 1,12% dabei abgeschiedener $Si O_2$

Tabelle VII.

	I	II	III	IV
$Si O_2$	52,55	52,55	52,55	52,55
$Al^2 O_3$	15,65	24,19	28,07	25,19
Fe O	5,28	4,02	2,05	3,64
$Fe^2 O_3$	1,33	0,03	0,64	0,83
Ca O	2,66	3,37	1,72	4,42
Mg O	1,93	0,86	1,09	0,41
$K_2 O$	6,75	4,78	7,24	6,55
$Na^2 O$	10,60	3,88	1,52	3,08
$H^2 O$	3,47	5,01	3,72	3,13
C	0,46	1,89	2,00	0,88
	100,68	100,68	100,68	100,68

Tabelle VIII.

	$C_2 H_4 O_2$	HCl		$C_2 H_4 O_2$	HCl
$Si O_2$	0,25	0,87	Mg O	—	0,88
$Al^2 O_3$	0,01	2,24	$K_2 O$	2,10	1,60
$Fe^2 O_3$	0,29	3,34	$Na^2 O$	1,78	0,12
Ca O	0,20	0,35			

Die schon am Schluss des mikroskopischen Teils hervorgehobene mehr oder minder grosse Ähnlichkeit der Thonschiefer in der mikroskopischen Struktur und in den constituierenden Grundsubstanzen wiederholt sich auch in den Resultaten der chemischen Bauschanalysen, die in den Prozentzahlen der Hauptbestandteile nicht allzugrosse Abweichungen darbieten. Bei näherer Betrachtung der 4 Bauschanalysen müssen Schiefer I und II, III und IV nach dem Gesichtspunkt der gleichen prozentualen chemischen Zusammensetzung zusammengestellt werden, da die Prozentzahlen der Kieselsäure, der Thonerde, der Erdalkalien und teilweise auch Alkalien nicht wesentlich verschieden sind, während nach Tafel VII, in der die Bauschanalysen nach III ungerechnet sind, Schiefer II, III und IV in der Zusammensetzung weitgehende Übereinstimmungen aufweisen und nur Schiefer I etwas abweichende Verhältnisse in dem Aluminium-Eisenoxydul- und Natriumgehalt zeigt. Da, wie die mikroskopische Untersuchung dargethan, in Schiefern Quarzkörner in grösserer oder geringerer Menge enthalten sind, so lässt sich eine, auch nur approximative Angabe der mit Basen in Verbindung tretenden Kieselsäure nicht machen und ein Urteil, das auf Richtigkeit Anspruch machen könnte, über die Natur der vorliegenden Silicate nicht aufstellen, wie nachfolgende Tabelle zeigt, in der versuchsweise zur Gewinnung vergleichbarer Gesichtspunkte die Hälfte der in den Bauschanalysen gefundenen Kieselsäure als Quarz vorhanden angenommen wurde.

	Prozente der Basen	Kieselsäureprozente
I.	37,53	31,84
II.	25,26	37,78
III.	46,05	26,27
IV.	43,53	28,24

Die in Tabelle VI zusammengestellten Prozentzahlen

der in Essigsäure und Salzsäure in Lösung gegangenen Basen und diejenigen der Kieselsäuremengen, die bei diesem Lösungsprozess sich zersetzt haben, lassen die Annahme in hohem Grade berechtigt erscheinen, dass in den einzelnen Schiefern Silicatverbindungen von verschiedenem Charakter vorliegen, teilweise mehr basische wenig zersetzte und teilweise saure im Laufe der Zeit durch metamorphosierende Einflüsse gebildete, also gewissermassen Basite und Acidite. Nach den Resultaten der Tabelle VI bestehen Schiefer I und III aus vorwiegend saurem Silicat, während Schiefer II und IV mehr basisches Silicat enthalten, indem durch Einwirkung der lösenden Salzsäure weniger Kieselsäure durch Entziehung ihrer Basen zur Abscheidung gelangt. Werden unter Zugrundelegung der Tabelle V die Kieselsäuremengen näher ins Auge gefasst, welche durch direkte Behandlung der Schiefersubstanzen mit ($Na^2 CO_3$ K O H) Lösung in der Kälte und Wärme erhalten wurden und Aufschluss geben über die Quantitäten der schon vorhandenen hydratischen Kieselsäure, sowie über den Grad der Silicatzersetzung durch (Na CO_3 K O H) L. in der Siedehitze, im Zusammenhang mit den Kieselsäuremengen, die mit ($Na^2 CO_3$ K O H) Lösung nach vorhergegangener 2stündiger Behandlung der Substanz sich ergaben, so ist hervorzuheben, dass in den vorwiegend aus basischen Silicaten bestehenden Schiefern die Prozentzahl der mit Alkalilösung in der Kälte und Wärme gelösten Kieselsäure grösser ist als diejenige, die mit ($Na^2 CO_3$ + K O H) Lösung nach vorheriger Behandlung mit H Cl resultierte, dass in diesen 2 Fällen die aufschliessende Wirkung der ($Na^2 CO_3$ K O H) L. in der Wärme des siedenden Wasserbades grösser ist, als die zersetzende der zehnprozentigen H Cl unter denselben Bedingungen. Wenn auch die Methoden mit ($Na^2 CO_3$ K O H) L. wie verschiedene Analytiker dargethan haben nicht über alle Zweifel erhaben

sind und manche Fehlerquelle mit im Gefolge haben, so bieten sie doch im Allgemeinen verschiedene Anhaltspunkte zur Orientierung in Silicatanalysen sedimentärer Gesteine und fanden deshalb in vorliegenden Untersuchungen gebührende Würdigung.

Ein wichtiger Bestandteil primärer Silicate und infolge dessen auch der sedimentären Thonschiefer ist das Eisen, das je nach der vorliegenden Modifikation als Oxyd- oder Oxydulverbindung eine Handhabe bietet zur Beurteilung des Zersetzungsgrades der Gesteine. Da das zu den Analysen verwandte Material sorgfältigst von etwaigen äusseren Verwitterungskrusten befreit wurde, so sind die erhaltenen Resultate des Fe O- und Fe_2O_3-Gehalts zur Erkenntnis metamorphischer Vorgänge geeignet und lassen in Übereinstimmung mit früher gemachter Deduction bei Schiefer I und III eine beträchtlichere Umwandlung von Oxydul in Oxyd erkennen als bei Schiefer II und IV. Bei der Diskussion der erhaltenen Oxydresultate bedarf es des Hinweises, dass dieselben durch Fehlerquellen der Bestimmungsmethoden beeinflusst sind und in dem einen oder andern Falle gegenüber dem faktischen Oxydulgehalt etwas zu niedrig ausgefallen sein werden, infolge der durch Schwefelsäure und organische Substanz veranlassten Reduction von schon vorhandenem Oxyd zu Oxydul.

Obwohl die Thonschiefer sehr häufig die Basen Calcium und Magnesium an Kohlensäure gebunden enthalten und, wie Maumené (J. Bull. soc. chim. (2) 33, 101) in einer grossen Untersuchungsreihe nachgewiesen, reicher an $CaCO_3$ sind als man gewöhnlich annimmt, so wären in den analysierten Thonschiefern Kohlensäurequantitäten nicht nachzuweisen, so dass sie in diesem Punkte mit dem Ardennenschiefern eine Übereinstimmung zeigen, in denen vom erwähnten Forscher ebenfalls kein kohlensaurer Kalk gefunden, ob-

schon er bei verschiedenen andern Thonschiefervarietäten bis gegen 53% $CaCO_3$ constatieren konnte. Calcium und Magnesium sind in den Thonschiefern aus Süd-Georgien, weil H^2SO_4 und H_3PO_4 nur in verschwindenden Quantitäten vorhanden sind, wohl ausschliesslich als Silicatverbindungen enthalten und ihr Prozentgehalt wird in gewisser Correlation mit der Natur der Felsarten stehen, von denen die Thonschiefer durch Metamorphose abzuleiten sind, er wird grösser oder geringer sein, je reicher oder ärmer das Muttergestein an Anorthit, Oligoklas und Biotit gewesen war, und je stärker oder geringer der Auslaugeprozess stattgefunden hat. Es ist nicht zu bezweifeln, dass Kalk und Magnesiasilicate früher in grösseren Mengen in den Thonschiefern vorhanden waren, die aber im Laufe der Zeit durch einen Auslaugeprozess bis zu einem gewissen Grad in Form von Carbonaten und vielleicht Silicaten weggeführt wurden. Für diese zuerst von Bischoff ausgesprochene Annahme eines derartigen Auslaugeprozesses nach sedimentärer Ablagerung, sollen die stark kalkhaltigen Quellen aus dem rheinischen Schiefergebirg sprechen, die Bischoff zum Gegenstand näherer Untersuchung gemacht hat. Die von mir ausgeführten Schieferanalysen nach zuletzt erwähntem Gesichtspunkte betrachtet, bieten in dem Kalkgehalt keine scharfen Kriterien für die Bestätigung der im vorhergehenden festgestellten Verhältnisse über den fortgeschrittenen Zersetzungsprozess, nur der Kalkgehalt bei Analyse IV spricht für die früher über IV gewonnene Ansicht.

Wie sich der Prozentgehalt der untersuchten Thonschiefer an Alkalien, Thonerde, alkalischen Erden und Kieselsäure gegenüber demjenigen anderer Schiefervarietäten verhält, wird am Schluss der nachfolgenden Betrachtung näher dargelegt werden. Treten wir nun der Frage näher, ob an der Hand der Bauschanalysen durch Ver-

gleichung mit den in der Litteratur vorhandenen Analysen von Thonschiefern bekannten Alters eine unanfechtbare Einreihung der Thonschiefer aus Südgeorgien in das geologische System, die auf Grundlage der makroskopischen und mikroskopischen Untersuchungsresultate nicht ausgeführt werden konnte, vornehmen können, so müssen wir gestehen, dass bei der Verschiedenheit der Schieferanalysen selbst innerhalb der einzelnen Etagen diese deductive Methode nur mangelhafte diesbezügliche Kriterien darbietet. Gleichwohl wird eine Parallelisierung der chemischen Zusammensetzung von Schiefern eines so entlegenen Territoriums mit Analysen anderer Thonschiefer verschiedener Lokalitäten Interesse beanspruchen, die dann auch im Folgenden unter Zugrundlegung älterer und neuerer Litteratur kurz erfolgen soll.

Wenn das umfangreiche Gebiet der Litteratur über Thonschiefer betreten und die grosse Zahl der ausgeführten Analysen einer vergleichenden Besichtigung unterzogen wird, so erscheint es eine zwingende Notwendigkeit eine Unterscheidung der Analysen in zwei Kategorien zu machen. Die eine zeigt keinen oder nur äusserst minimalen Prozentgehalt an Na und lässt Na nur als zufälligen accessorischen Bestandtheil erscheinen, während die andere in ihren Resultaten Natron stets als wesentlichen Bestandteil in grösserem oder geringerem Prozentsatz enthält. Zur ersten Analysenkategorie gehören die Analysen dreier Varietäten Thonschiefer von Frick (Poggend. Annal. S. 188) unter denen sich ein rheinischer von Benndorf bei Coblenz befindet, die Sauvage'schen 8 Varietäten Thonschiefer aus den Ardennen (Annal. des Mines. 4ième série T. VII P. 411) welche neben Kalium teils nur Spuren teils gar kein Natron enthalten und Aubuisons Analyse eines dünnschiefrigen Thonschiefers. Die betreffenden Geologen

suchten dies gänzliche Fehlen oder nur sehr untergeordnete Auftreten von Natron durch einen stattgehabten Auslaugeprozess, durch die leichtere Zersetzbarkeit der Natronsilicate gegenüber den Kalisilicaten zu erklären und glaubten eine Bestätigung ihrer Ansicht darin zu finden, dass in Quellen aus Thonschiefergebirgen immer Natronsalze gegen Kalisalze vorherrschen. Dieselben Geologen glaubten auch den beträchtlichen Natrongehalt einer von Pleischel (Journal f. pract. Chem. Bd. XXXI, S. 45) gleichzeitig veröffentlichten Analyse eines Silurthonschiefer von Prag (2,14 Na gegen 123 K) auf eine Verdrängung des Kali in den infiltrierten Wässern enthaltene Na Cl zurückführen zu müssen. Da diese Analysen für unsern Zweck nur einen bedingten Werth haben, so mögen nur einige aus der Zusammenstellung im Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie v. G. Bischoff herausgegriffen werden.

	1.	2.	3.		I	II	III	IV
SiO_2	67,38	61,03	63,81	SiO_2	62,59	64,58	62,74 SiO_2	72,51
Al^2O_3	18,22	24,30	18,41	Al^2O_3	16,88	17,10	19,81 Al^2O_3	12,89
Fe^2O_3	1,02	—	—	Fe^2O_3	8,42	7,43	10,08 FeO	—
FeO	4,71	4,66	7,36	CaO	0,24	0,16	0,83 Fe^2O_3	4,15
MnO	0,30	0,09	1,10	MgO	2,26	2,29	3,03 CaO	0,60
CaO	—	0,80	3,96	K^2O	3,31	2,93	1,95 MgO	0,93
Mg	3,98	1,71	2,27	Na^2O	—	—	— K^2O	4,02
K	2,65	1,88	0,98	CaO	0,13	0,30	1,31 Na^2O	—
Na	—	0,98	—	$CaCO_3$	1,22	0,53	— H^2O }	4,44
H^2O	1,74	4,55	2,11	H^2O	4,03	4,08	0,97 CO^2 }	
	100	100	100	C + Verlust	0,92	0,66	0,07	
					100,00	100,00	99,75	99,51

I. Thonschiefer von Bendorf bei Coblenz nach Frick.

II. Graugrüner Thonschiefer von Lehesten in Thüringen.

III. normaler Devonschiefer zwischen Alexisbad und Mägdesprung im Harz, nach Pierre IV. Thonschiefer aus dem Uebergangsgebirge von der Grube Morgenröthe bei

Siegen nach Schnabel. Die Analysen I II III sind von Sauvage, der die Thonschiefer der Ardennen und des nördlichen Asiens analysierte und ein constantes Verhältnis des im HCl und H^2SO_4 extrahierten Teils zu der mit K (OH) aufgenommenen zersetzten SiO_2 constatierte.

1. graugrüner Schiefer von Deville, 2. dunkelgrüner Schiefer von Monthermé, 3. grünlicher Schiefer von Rimogne.

Aus der voluminösen Litteratur werden von den Analysen der zweiten Kategorie mit Natrongehalt die von Kalkowsky, Rosenbusch und Cohen publizierten von Thonschiefern der cambrischen Silur- und Devonformation näher ins Auge gefasst, die aus schärferen analytischen Methoden und umfangreicheren Untersuchungen hervorgegangen, in ihren Resultaten ein mehr oder minder verwerthbares Vergleichsmaterial darstellen.

		SiO_2	Al^2O_3	Fe^2O_3	FeO	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	H^2O
Kalkowsky-Analysen.	1)	64,64	18,32	8,42	1	1,42	0,84	0,69	1,83	2,72
	2)	59,99	16,29	13,42	—	—	0,55	3,84	1,72	2,71
	3)	51,66	24,50	14.51		1,86	0,67	0,64	2,28	4,56
	4)	38,74	6,14	46,86		1,08	0,52	0,63	0,30	3,64

1. Cambrischer graugrüner Schiefer von Wellendorf bei Gräfenthal, Frankenwald. 2. Dachschiefer von Lehesten in Thüringen mit Mn 6,47 $SO_3 \times 0{,}76$. 3. Oberdewonischer Wetzschiefer von Steinach im Frankenwald. 4. Oberdewonischer roter Schiefer.

	SiO_2	Al^2O_3	Fe^2O_3	FeO	MgO	CaO	Na^2O	K^2O	H^2O
1)	75,25	11,80	Sp.	1,76	1,57	0,32	7,54	0,61	0,81
2)	73,74	14,81	0,02	1,32	1,29	0,61	5,47	1,51	0,70
3)	69,27	13,12	0,62	5,24	1,36	0,12	2,15	4,31	3,36

Die von Rosenbusch publicierten von Kaiser ausgeführten Analysen der Unterdevonschiefer von Allroda aus dem Harz im Quellgebiet der Lupode, die durch Contact gegen Diabas beeinflusst sind.

1. Sehr hartes, hellgraues, hornsteinähnliches Gestein mit halbausschaligem Bruch nahe am Diabas mit FeS_2.

2. Hartes dunkelblaues Gestein mit splittrigem halbumschaligem Bruch. Spuren von Mn O, FeS_2 und organischer Substanz weit vom Diabas. 3. Weicher, dunkelblauer, feingefälteter Thonschiefer mit äusserst kleinen weissen Glimmerblättchen in der Grundmasse.

	SiO_2	Al^2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K^2O	Na^2O	H^2O
1)	75,49	11,54	1,96	2,57	1,77	1,48	1,38	3,85	0,45
2)	62,21	17,35	3,06	5,51	1,10	8,03	2,15	1,44	2,96
3)	68,30	14,78	1,84	4,17	0,99	2,67	0,57	5,19	2,01

Analysen von Thonschiefer aus Südafrika, meist aus dem Devon, teilweise Contactgestein gegen Granit veröffentlicht von Cohen, analysiert von v. Ritterhausen.

1. Lions. Rump. mikrokrystallinisches Aggregat von Quarzkörnern mit zwischengelagerten Glimmerblättchen und zurücktretenden Plagioklas statt zersetzten Orthoklas. An. v. Lohse.

2. Fruchtschiefer zwischen Lions. Rump. und der Flaggenstation K (OH) löst 6 % SiO_2.

3. Fruchtschiefer mit deutlich contourierten Concretionen und einem wasserhellen optisch einaxigen Mineral zwischen Lions. Rump. und Lions. Head.

Ein Vergleich der Bauschanalysen von den Thonschiefern aus Südgeorgien mit den citierten verschiedener paläozoischen Formationen führt zu dem Resultat, dass sie im Kieselsäure-, Thonerde- und Magnesiagehalt von diesen keine wesentliche Verschiedenheit zeigen, im Eisen-, Kali- und Natrongehalt aber bemerkenswerte Abweichungen aufweisen, insofern als der Eisengehalt durchschnittlich geringer, der Alkaliengehalt, vor allen Dingen der Kaligehalt, beträchtlich grösser ist. In Bauschanalyse I erreicht die durch wiederholt ausgeführte Analysen kontrollierte Natronprozentzahl im Vergleich mit

den angeführten Analysen eine auffallende Höhe, eine Höhe, die selbst die Maximalgrenzzahl von Na aus 81 von G. Bischoff zusammengestellten Thonschieferanalysen überschreitet und wie sie nur in annähernder Grösse unter den angeführten Vergleichsanalysen bei den Devonthonschiefern aus dem Harz im Kontakt mit Diabas und denen aus Südafrika zu beobachten ist. Diese Erscheinung ist, da sie nur bei Schiefer I zu Tage tritt, entweder auf die Wirkung des vom Meere durch heftige Stürme herbeigeführten kochsalzhaltigen Wassers, oder ähnlich wie bei den durch Kontaktmetamorphose veränderten Schiefern auf eine Infiltration natronhaltigen Wassers und Anhäufung des Natrons auf Kosten des verdrängten Kali zurückzuführen, was aus dem Umstand im vorliegenden Fall sehr plausibel erscheint, als das Schieferhandstück einer an freier Felswand zu Tage tretenden Schichte entnommen ist, die von porösem, stark verwittertem Gestein umgeben wird, mit diesem geneigte Terrassen bildet und auf diese Weise den von den oberen Schichten kommenden natronsalzhaltigen Wässern in hohem Grade ausgesetzt ist.

Abstrahiert von einigen Abweichungen lassen sich die Thonschiefer aus Süd-Georgien nach ihrer chemischen Zusammensetzung am besten parallelisieren mit den durch Kontakt mit Diabas metamorphosierten Devonthonschiefern des Harzes und den Thonschiefern aus Südafrika und wären daher nach den rein chemischen Gesichtspunkten der Analysenresultate als Devongebilde zu betrachten.

Obwohl die Frage des Alters vorliegender Schiefer, bei deren Beantwortung die alleinige Benutzung der Resultate der chemischen Analyse keine hinreichend sicheren Anhaltspunkte bietet, unter den hier gegebenen Umständen von verschiedenen Seiten eine verschiedene Beantwortung finden dürfte, so bin ich, wie schon früher

an anderer Stelle hervorgehoben, der Ansicht, dass dieselben infolge des Gehalts an Albit, Glimmer- und Chloritähnlichen Mineralien, an körnigem Kalk als Einlagerung in den Schichten, dann wegen der nur relativ geringen Quantitäten organischer Verbindungen und Substanzen, sowie des totalen Mangels paläontologischer Kriterien, der obersten Region der cambrischen Formation angehören.

Verwitterungskruste des Schiefers I.

Bei der Wichtigkeit der Verwitterungsvorgänge sedimentärer Gesteine unserer Breiten wird ein Einblick in die Art des stattgefundenen Verwitterungsprozesses der Thonschiefer aus der Polarregion ein gewisses Interesse beanspruchen, wenn auch die Wirkungen desselben auf dieselben Ursachen, dieselben Kräfte und Stoffe zurückzuführen sind, die auch in unsern Breiten die einleitenden Verwitterungspotenzen bilden und in jenen Regionen nur durch die abnormen klimatischen Verhältnisse in der einen oder andern Weise eine Modifikation erleiden.

Die Erfahrung lehrt, dass eine und dieselbe Felsart nicht an allen Orten der Erdoberfläche gleich stark verwittert, dass Thonschiefermassen in der Polarregion oder in der Region des ewigen Eises und Schnees unter sonst gleichen Verhältnissen weit langsamer zerstört werden, als in der gemässigten Zone, dass ferner das Gefüge einer Felsart einen grossen Einfluss ausübt auf die leichtere oder langsamere Verwitterbarkeit desselben, insofern als grobkörnige Felsarten leichter verwittern als feinkörnige oder dichte und schiefrige Felsarten auf den glatten Schieferflächen weit langsamer verwittern, als an den hervortretenden Schieferlagen. Was nun die zersetzenden Agentien anlangt, so kommen für unsere Zwecke in Betracht:

1) Wasser in seiner mechanischen und lösenden Wirkung,

2) Sauerstoff der Luft,

3) Die in der Luft und in den Meteorwässern enthaltene Kohlensäure.

Da in Süd-Georgien fast alle Monate des Jahres sehr niederschlagreich sind und nach den meteorologischen Beobachtungen der Expedition 29% Niederschläge allein als Regen fielen, muss dem Regenwasser und Schmelzwasser des Schnees bei der Zersetzung des der Untersuchung unterzogenen Schiefers eine hervorragende Rolle zugeschrieben werden, indem dasselbe an der Oberfläche des Gesteins bis zu einem gewissen Grad eindringt, infolge der in den erforschten Gegenden auch in der wärmeren Jahreszeit sehr häufigen, mit Einbruch der Nacht eintretenden Fröste eine Auflockerung der Gesteinsmassen verursacht, die löslichen Teile fortführt, chemische Agentien zuleitet und die von letzteren erzeugten neuen Stoffe aus der angegriffenen Mineralmasse fortflutet.

Die Wirkung des Luftsauerstoffs, der sonst eine grössere Bedeutung beigemessen wird als ihr zukommt, macht sich in vorliegendem Fall insofern geltend, als in den untersuchten Schiefern das Eisen zum grössten Teil in Form seiner Oxydulverbindungen enthalten ist und hat eine Ausscheidung von ockergelben oder lederbraunen Eisenoxydhydrat aus den Oxydulverbindungen zur Folge, wodurch neben einer Färbung gleichzeitig auch eine Auflockerung der Massen erzielt wird, die dem wichtigsten Zersetzungsfactor, der Kohlensäure, vorteilhafte Bedingungen des chemischen Eingriffes schafft.

Die von der atmosphärischen Feuchtigkeit und den meteorischen Wässern absorbierte Kohlensäure kann bei Verwitterungsvorgängen nach verschiedenen Richtungen wirken, teils einfach lösend, teils zersetzend, teils lösend

und zugleich zersetzend. Für die untersuchte Verwitterungsschicht kommt nur die zersetzende Wirkung in Betracht, da das ursprüngliche Gestein nicht Carbonate, sondern fast ausschliesslich Silicate enthält und lässt sich dahin zusammenfassen, dass kohlensäurehaltige Wässer die kieselsauren Alkalien des Gesteins einfach als solche oder als Carbonate und die kieselsauren Verbindungen der alkalischen Erden und teilweise auch des Eisens nur als kohlensaure Salze der betreffenden Basen unter gleichzeitiger Abscheidung von Kieselsäure in Lösung brachten und fortführten.

Wird nun ein Vergleich gezogen zwischen den Analysen der essigsauren und salzsauren Lösung des unverwitterten Schiefergesteins und zwischen denjenigen der Verwitterungsschichte, um allgemeine Gesichtspunkte der durch den Verwitterungsprozess hervorgerufenen Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung festzustellen, so ist hervorzuheben, dass in der Verwitterungskruste eine Anhäufung von Kieselsäure 4,76% und Kali 0,46%, dagegen eine Abnahme von Natron 1,70%, Kalk 0,30% Eisenoxyd 0,54% und Aluminiumoxyd 0,34% stattgefunden hat. Es sind bei diesem Schiefer die Verhältnisse nach dieser Richtung ähnlich gelagert, wie in dem von Frick untersuchten unverwitterten und verwitterten Thonschiefer aus Lehesten in Thüringen. Die in nachstehender Tabelle zusammengestellten Resultate bestätigen die in den verschiedensten Arbeiten erkannte Thatsache, dass Kalisilicate im Vergleich zu Natronsilicaten in Meteorwasser schwieriger in Lösung gehen, schwerer verwittern und die Verwitterbarkeit eines Schiefers also um so geringer ist, je grösser, bei gleichen Mengen Kalk, der Kaligehalt sich beziffert.

A.

Kieselsäurege- halt und Summe der in $C_2H_4O_2$ + HCl gelösten Basen des unverwitterten Schiefers				Kieselsäure und Summe der in $C_2H_4O_2$ + HCl gelösten Basen seiner Verwitterungsschicht			
Si O₂	*63,69*	Mg O	1,60	*Si O*	*68,45*	Mg O	0,88
Al^2O_3	2,59	K^2O	3,24	Al^2O_3	2,25	K^2O	3,70
Fe^2O_3	4,17	Na^2O	3,61	Fe^2O_3	3,63	Na^2O	1,90
Ca O	1,05			Ca O	0,55		

Der Grund warum keine Anhäufung von Thonerde, wie sie vorauszusetzen wäre, vorliegt, ist teils in der stattgefundenen Bildung löslicher Aluminate, teils, was bei der Gegenwart von Pyritkrystallen nicht zu den Unmöglichkeiten gehört, in der Entstehung schwefelsaurer Thonerde und teils in der mechanischen Wirkung des Wassers zu suchen, welche bei dem einer terrassenförmig abfallenden freien Felswand entnommenen Schieferstück nach jeder Richtung zur Geltung kommen konnte. Letztere Annahme erscheint jedoch in Anbetracht der Kieselsäureanhäufung nur dann plausibel, wenn die Thonpartikelchen gegenüber den Quarzkörnern von verschwindender Grösse angenommen werden und dadurch durch Wasser leichter transportabel sind als diese. Dass in den Prozentzahlen des Natrium- und Kaliumgehalts der essigsauren Lösung der Verwitterungsschicht grössere Werte entgegentreten als in derselben Lösung der ursprünglichen Schiefersubstanz, darf nicht wunder nehmen und ist durch den Umstand zu erklären, dass Hand in Hand mit dem Verwitterungsprozess die Löslichkeitsverhältnisse der sonst nur in Salzsäure löslichen Silicate andere werden.

Zum Schluss erfülle ich noch die angenehme Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. A. Hilger, meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen für die Anleitungen, die er mir bei der Ausführung dieser Arbeit zu Teil werden liess.